

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

PCT/JP03/04910

17.04.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 4月17日

出願番号

Application Number:

特願2002-114756

[ST.10/C]:

[JP2002-114756]

出願人

Applicant(s):

株式会社荏原製作所

REC'D 13 JUN 2003

WFO

PCT

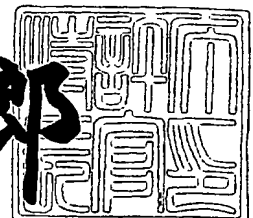
PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

2003年 5月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3038841

【書類名】 特許願

【整理番号】 020661

【提出日】 平成14年 4月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 23/225

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 畠山 雅規

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 渡辺 賢治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 村上 武司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 佐竹 徹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 野路 伸治

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2
0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100091063

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 英夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100096068

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 住江

【選任した代理人】

【識別番号】 100107696

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 文俊

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0201070

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表面検査装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 試料表面の検査を行うための表面検査装置において、

電磁波発生源と、電磁波発生源から発生された電磁波を試料上に導く手段とからなる電磁波照射手段と、

電磁波の照射により試料表面から放出された電子を検出し、電気又は光信号を出力する検出器と、

検出器からの電気又は光信号を処理する手段とを備えていることを特徴とする表面検査装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の表面検査装置において、電磁波は、波長が 4 0 0 n m 以下の紫外線又は X 線であることを特徴とする表面検査装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の表面検査装置において、電磁波は、紫外線レーザー又は X 線レーザーであることを特徴とする表面検査装置。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 記載の表面検査装置において、該装置はさらに、電子線発生源と、電子線発生源から発生された電子線を試料上に導く手段とからなる電子線照射手段と、

電磁線照射手段及び電子線照射手段のいずれか一方又は両方を選択的に駆動して、電磁波及び電子線のいずれか一方又は両方を試料上に照射するよう選択する手段と

を備えていることを特徴とする表面検査装置。

【請求項 5】 請求項 1 ～ 4 いずれかに記載の表面検査装置において、該装置はさらに、試料表面から放出された電子を検出手段に導くための写像光学系を備えていることを特徴とする表面検査装置。

【請求項 6】 半導体デバイス製造システムであって、

請求項 1 ～ 5 いずれかに記載の表面検査装置と、

表面平坦化機構、又は成膜機構と

を備えていることを特徴とする半導体デバイス製造システム。

【請求項 7】 半導体デバイスを製造する方法であって、請求項 1 ～ 5 いずれか

に記載の表面検査装置を用いて、プロセス途中及び／又は完了後の半導体ウエハの検査を行うことを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、試料表面の構造評価、拡大観察、材質評価、電気的導通状態等の検査・観察・分析等を効率的に行う表面検査装置に関する。特に、本発明は、試料表面上の最小線幅0.15 μm 以下の高密度パターンの欠陥等を高精度・高信頼性、高スループットで検出することができる表面検査装置に関する。また、本発明は、このような表面検査装置を組み入れた半導体デバイス製造システム、並びに、該表面検査装置を用いて半導体デバイス製造プロセス途中及び／又はプロセス終了後のパターンの検査を行うデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、試料の一例である半導体ウエハの表面に、荷電粒子（すなわち一次電子）ビームを照射してスキャンし、そのウエハ表面から生じる二次荷電粒子（すなわち二次電子）を検出し、その検出結果に基づいて画像データを作成し、ダイ毎にデータと比較することによって、ウエハ表面の欠陥検査等を行う装置が既に提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

上記した従来のSEM技術を用いた方式、及び、ウエハ上の広い領域を同時に照明する方式においては、電子ビームを照射することによって試料であるウエハが帯電してしまう。そして、過度の帯電が生じると、画像データが歪んだり、像が不明瞭となるという問題がある。また、欠陥ではないパターンを欠陥として検出してしまうという問題も生じてしまう。

従来例における他の重大な問題は、試料へのダメージの問題である。すなわち、電子ビームをウエハ表面に照射した場合、ビーム照射によりウエハ表面に帯電が生じ、電位コントラストを表す像を取得することができる。しかしながら、絶

縁材料や金属の導通材料、そして回路抵抗等により、帯電状態が異なり、場合によっては、パターン境界に極端な電位差が生じて、ウエハ表面から放出される二次電子を取得できなくなったり、アーク放電が生じてしまうことがある。

【0004】

上記した問題点を、より詳細に説明する。

試料の二次電子放出特性は、入射ビームのエネルギーや試料表面の特性によって異なっている。図1は、絶縁物に電子ビームを照射したときの、ビームエネルギーと二次電子放出効率 η との関係の一例を表すグラフである。 η が1より大きい場合には、入射した電子よりも多くの電子が絶縁物より放出されるため、絶縁物表面は、正に帯電される（領域P）。一方、 η が1より小さい場合には、負に帯電される（領域Q）。そのため、試料上の回路構成や層構造に依存する試料の特性によっては、絶縁破壊等のダメージが生じてしまう。

すなわち、絶縁物において、破壊強度以上の電界（例えば、50～1000 kV/mn）が掛かると、絶縁性を失って電流が流れ、絶縁破壊が生じるが、電荷が過度に蓄積されると、電界強度が破壊電圧を超えてしまい、したがって絶縁破壊が生じる。また、一度絶縁破壊が生じると、過度の電流が流れて回路破壊を誘起し、また、絶縁体自体の絶縁性回復が不可能な状態となる。

【0005】

本発明は、上記した問題点到鑑みてなされたものであり、その目的は、試料表面の電子画像を、低歪で得ることができ、しかも試料にダメージを与えることなく得ることができるようにすることである。

本発明の他の目的は、信頼性の高い試料表面の観察、欠陥検出、分析等の評価を行うことができる表面検査装置を提供することである。

本発明の別の目的は、このような表面検査装置を組み入れた半導体デバイス製造システム、並びに、該表面検査装置を用いてプロセス途中及び／又は完了後の半導体ウエハの検査を行うことを特徴とする半導体デバイス製造方法を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記問題点を解決するため、本発明に掛かる、試料表面の検査を行うための表面検査装置においては、

電磁波発生源と、電磁波発生源から発生された電磁波を試料上に導く手段とからなる電磁波照射手段と、

電磁波の照射により試料表面から放出された電子を検出し、電気又は光信号を出力する検出器と、

検出器からの電気又は光信号を処理する手段とを備えていることを特徴としている。

上記した本発明に係る表面検査装置において、電磁波は、波長が400nm以下の紫外線又はX線であるか、又は、紫外線レーザー又はX線レーザーであることが好ましい。

【0007】

上記した本発明に係る表面検査装置はさらに、電子線発生源と、電子線発生源から発生された電子線を試料上に導く手段とからなる電子線照射手段と、電磁線照射手段及び電子線照射手段のいずれか一方又は両方を選択的に駆動して、電磁波及び電子線のいずれか一方又は両方を試料上に照射するよう選択する手段とを備えていることが好ましい。また、表面検査装置はさらに、試料表面から放出された電子を検出手段に導くための写像光学系を備えていることが好ましい。

【0008】

本発明はまた、上記した表面検査装置と、表面平坦化機構又は成膜機構とを備えていることを特徴とする半導体デバイス製造システムも提供する。

本発明はさらに、上記した表面検査装置を用いて、プロセス途中及び／又は完了後の半導体ウエハの検査を行うことを特徴とする半導体デバイス製造方法も提供する。

【0009】

【発明の実施の形態】

まず、本発明の概要について説明する。

本発明においては、電磁波を試料表面に照射して、発生する光電子を検出し、該電子による画像形成を行うことを特徴としている。特に、電磁波としては、紫

外線、X線等の、波長400nm以下の電磁波を用いると効果的である。該電磁波の照射によれば、試料表面の帯電量を小さく抑えることができるため、歪の小さい画像を得ることが可能となる。また、試料表面に電位分布が発生した場合においても、均一な電磁波照射が可能となる。よって、視野内に均一で鮮明な電位コントラスト画像の取得が可能となる。

【0010】

また、上記した電磁波の照射では、照射される材料の性質によっても、照射特性が変わらないため、どのような材料に対しても同様に照射が可能である。例えば、試料が、半導体、LSI、金属、絶縁物、ガラス、生態材料、高分子材料、セラミック、又はこれらの複合材料であっても、同様に照射して試料表面の検査が可能である。

なお、本明細書において、「検査」とは、欠陥検出、評価等を含んだ概念である。

【0011】

さらに、本発明は、電磁波発生器とともに電子線発生器を有し、試料の特性に応じて、これらを選択的に駆動して照射し、又は、同時に照射を行うことが可能である。例えば、種々の回路構成が多層に渡って形成される半導体ウエハ表面の評価においては、ダメージが問題となる回路や層構造に対して、電磁波照射が行われ、ダメージが問題とならない回路や層構造に対して、電子線照射を行うことが可能である。

ダメージが問題とならない場合では、試料に対する電子照射エネルギーが0～4keV程度で、最良の画像が得られる条件を選択して電子照射が可能となる。例えば、単純なL/Sの金属配線とSiO₂等の絶縁物を有するウエハでは、2～3keVの電子線照射を行った場合に、それより低いエネルギーでの電子照射よりも、低歪の画像を得ることができる。

【0012】

ダメージが問題となる場合として、例えば、ゲート酸化膜の破壊や絶縁性薄膜の絶縁破壊を上げることができる。このような場合では、電磁波照射を選択することにより、ダメージの小さい状況にて、歪の小さい高精度の画像を得ることが

可能となる。電磁波照射により、試料表面から光電子放出が行われ、該電子は、放出エネルギーが小さいために、電子光学系により容易に結像条件を達成することができる。例えば、写像光学系において、分解能 $0.1 \mu\text{m}$ 以下で、視野像高 $50 \mu\text{m}$ 以上が達成できる。

【0013】

以上のように、本発明では、次の3通りの手法を選ぶことが可能である。

- 1) 紫外線等の電磁波照射によって試料表面から放出される光電子を検出して、試料表面の電子像を得る場合
- 2) 電子線の照射によって試料表面から放出される二次電子を検出して、試料表面の電子像を得る場合
- 3) 紫外線等の電磁波と電子線との両方を試料表面に照射して、試料表面から放出される光電子及び二次電子を検出して、試料表面の電子像を得る場合

これらの3つの手法の内、試料の材質及び構造等に関連する帯電特性や耐ダメージ特性に基づいて、適切な手法を選択して用いる。これにより、効率的に、しかもダメージの発生を防いで、高品質の電子画像を取得することができ、例えば、半導体ウエハの欠陥検出等の評価を有効に行うことができる。

【0014】

電磁波発生器のうち、紫外線源としては、水銀ランプ、重水素ランプ、エキシマランプなどのランプ光源やレーザー光源を用いることが可能である。レーザーとして、ArF、KrFエキシマレーザーやNd:YAGレーザーの4倍高調波を用いることが可能である。紫外線やレーザーは、ライトガイドや光ファイバを用いて、真空チャンバ中の試料表面に照射できるように導かれる。照射領域や光密度を制御するために、光学レンズを用いることも可能である。

また、試料表面の帯電を抑制するために、抵抗膜を試料表面にコーティングしてもよい。電磁波照射では大きな帯電は起きないが、わずかな帯電でも画像が歪む場合、及び、精密な画像を得るために微小な歪み量を補正する必要がある場合には、抵抗膜コーティングの手法を用いることにより、歪みをさらに低減した高品質の画像を得ることができる。また、電子線照射を行う場合にも、この抵抗膜コーティングの手法を併用すると、低歪みの画像を得ることができるという作用

効果を奏する。

【 0 0 1 5 】

更に、上述のことが可能となることにより、従来の電子線照射による装置に比べ、回路や層構造の特性により適した電子放出特性を実現でき、ダメージ問題や画像歪を小さく抑えた、効率的で良質の画像取得が可能となる。

上述の例において、電磁波として、紫外線、紫外線レーザー、X線、X線レーザーを用いることができ、また、紫外線、X線より波長が長い可視光等を用いて光電子発生を行うこともできる。後者の場合、仕事関数が小さい材質を試料とする場合や、多光子吸収を行う場合などに適用することができる。

【 0 0 1 6 】

また、試料表面の検査スループットを向上させるために、表面から放出される電子を写像光学系で検出する方法を用いることが可能である。例えば、ステップ&リピート方式にて多数部分の画像取得を行う場合には、MCP/スクリーン/リレーレンズ/CCDを用いた検出器を用いることができる。また、連続的に画像取得を行う場合には、MCP/スクリーン/リレーレンズ/TDI構成の検出器を用いることができる。

このような写像光学系を用いることにより、試料表面からの二次元的に放出された電子を同時に検出することが可能となるため、二次元電子像の取得を高速に行うことが可能となる。この特性と上述の検出器を利用すると、高スループットで、試料の欠陥検出等の評価を行うことも可能となる。

【 0 0 1 7 】

また、上述した表面検査装置を用いて、プロセス途中及びプロセス終了後の試料の評価を行うことにより、高スループットの評価が可能となるので、必然的に高スループットの半導体デバイス製造が可能となる。

【 0 0 1 8 】

半導体デバイス製造システム（装置系）については、電磁波を用いた表面検査装置、または電磁波と電子線の両方を用いた表面検査装置と、表面平坦化機構を有するシステムを構築することも可能である。例えば、半導体ウエハの表面が乾燥状態にて表面処理装置に導入し、取り出すときにも、乾燥状態にて取り出せる

ように、ウエハ搬送機構、表面評価機構、表面平坦化機構、及び、試料乾燥機構を連携配置するように、半導体デバイス製造システムを形成することができる。

また、上述のシステムに、樹脂膜コート機構、パターン形成機構、現像機構、欠陥部補修機構を追加することも可能である。

【 0 0 1 9 】

図 2 ～ 図 6 を参照して、本発明に係る表面検査装置の実施形態について説明する。

第 2 図は、本発明に係る表面検査装置の第 1 の実施形態を説明するための概略図である。図 2 において、10 は試料、20 は試料 10 を載置するステージ、30 は電磁波発生器である紫外線発生源、40 は 3 段の拡大レンズ系 41 ～ 43 を備えた写像光学系、50 は検出器、60 は画像形成／信号処理装置である。レンズ系 41 ～ 43 はそれぞれ、2 つ又はそれ以上のレンズを備え、これにより、高い分解能及びズーム倍率を可能としている。

試料 10 は、例えば、半導体デバイス製造プロセスの途中又は完了後の、シリコン基板上に回路パターンが形成されたウエハである。なお、半導体デバイス製造プロセスには種々の工程が含まれるが、これら全行程を含めて、ゴミ、導通不良、パターン不良、欠落などの欠陥の有無、状態判定、種類分別等の検査を行うために、ウエハ表面に紫外線発生源 30 から紫外線を照射して、試料 10 の表面から光電子を放出させ、それを写像光学系 40 を介して検出器 50 で検出し、該検出器 50 から出力される電気信号又は光信号を、画像形成／信号処理装置 60 において処理することにより、検査を行う。

【 0 0 2 0 】

図 3 は、本発明に係る表面検査装置の第 2 の実施例を示している。この実施例の表面検査装置においては、図 2 に示した検査装置において、各レンズ系 41 ～ 43 を 1 つのレンズで構成したものである。なお、図 3 において、符号 44 は、写像光学系 40 の 2 段目のレンズ 42 と 3 段目のレンズ 43 との間に配置されたアパーチャ板 44 である。該アパーチャ板 44 は、ノイズカット、透過率、収差量制御のためのものであり、図 2 に図示していないが、第 1 の実施例も同様に、アパーチャ板を具備している。

この第2の実施形態においては、試料10として、8～12インチの大きさのシリコン・ウエハがX-Y-θ制御のステージ20に載置される。このウエハには、LSI製造中の回路パターンが形成されている。検出器50として、電子増幅器／電子光変換器／TDI構成の検出器を採用可能である。

【0021】

紫外線発生源30として水銀ランプを用い、適宜のライトガイド（不図示）により、真空チャンバ（不図示）中に紫外線を導入してウエハすなわち試料10の表面を照射する。紫外線の照射領域は、0.01mm～10mm程度の直径となるように、光学レンズ等（不図示）により調整される。紫外線照射によりウエハ表面から光電子が発生する。この光電子は、写像光学系40により、検出器50に導かれる。写像光学系40では、3段のレンズ41～43により、約50～5000倍の結像倍率を実現できるので、ウエハ表面の仕事関数等の光電子発生特性の違いから得られるパターンを二次元的に検出器50により検出し、画像形成／信号処理装置60により、画像形成及び信号処理が行われる。この信号処理により、欠陥部検出、欠陥種分類等が実行される。

【0022】

上述した構成の検出器50とステージ20とを同期して用いることにより、連続して、ウエハの検査を行うことが可能となる。ステージ20を連続移動させながら、TDI検出器も連続的に電子像検出を行うことが可能となる。このような方式を用いると、ステップ&リピート方式に比べ、停止／移動のロスタイムや移動速度が一定になるまでのロスタイムを省くことができ、したがって効率的に欠陥検査等の評価を行うことが可能となる。

上記した第1及び第2の実施例では、電磁線として紫外線を用いた例を示したが、その代わりにX線の照射を行ってもよい。

【0023】

図4は、本発明に係る表面検査装置の第3の実施例を示している。

この実施例では、紫外線と電子線を選択的に試料表面に照射することができるようにしており、図2に示した表面検査装置において、紫外線発生源30を含む紫外線照射系に加えて、電子源（電子銃）31を含む電子線照射系を備えている。

。また、一次電子線を偏向するためのE×B偏向器（フィルタ）45も備えている。

試料10として、8～12インチのシリコン・ウエハが、X-Y-Z-θ制御のステージ30に載置される。このウエハには、LSI製造途中の回路パターンが形成されている。検出器50としては、電子増幅器／電子光変換器／TDI構成のものが用いられる。

【0024】

紫外線発生源30として、Nd:YAGレーザーの4倍高調波（251.5nm）を発生するUVレーザー発生源を用い、適宜のライトガイド（不図示）により、真空チャンバ（不図示）中にUVレーザーを導入して、該チャンバ中のウエハ10に照射する。該UVレーザーの照射領域は、0.01mm～10mm程度の直径となるように、光学レンズ等（不図示）により調整される。紫外線照射によりウエハ表面から光電子が発生し、この光電子は、写像光学系40（レンズ系41～43）により、検出器50に導かれる。

【0025】

電子線照射が用いられる場合では、電子源31から発生した電子が、複数段のレンズ、アライナ、アパチャ（いずれも不図示）、及び電子線方向切替のためのE×B偏向器45を介して、ウエハ10の表面に導かれる。電子源31として、例えば、LaB₆カソード、ウェネルト、及びアノードからなる電子銃を採用でき、また、アパチャ、アライナ、アパーチャ、照射ビーム成形用四重極レンズ、アライナ、アパチャ、E×B偏向器等の構成を、一次電子光学系として採用することができる。このようにして導入された電子線は、一次電子光学系により、視野直径10μm～1mm程度のサイズに制御することができる。縦横比の異なる、例えば、x/y=1/4等の照射視野を生成することもできる。また、電子ビームが試料に照射されるエネルギーは、0～4kV程度に選択できる。

この第3の実施例では、写像光学系40が、3段のレンズ系（合計6個のレンズ）により約50～500倍の結像倍率を実現できる。この場合、静電レンズが用いられ、ウエハ表面からの放出電子は直進し、一方、照射用電子ビームが偏向されて試料表面に導かれるウィーン条件を満足することができる。

【 0 0 2 6 】

ウエハ 1 0 の表面の紫外線照射による光電子発生特性（仕事関数等）の違いから得られるパターン、又は、電子線照射によってウエハ表面から放出される二次電子を、写像光学系 4 0 を介して検出器 5 0 により取得する。ウエハ表面からの電子は、二次元的に検出器 5 0 により検出され、画像生成／信号処理装置 6 0 により、画像形成と信号処理とが行われる。この信号処理により、欠陥部検出及び欠陥種分類等の評価を行う。

第 3 の実施例においても、上述した構成の検出器 5 0 とステージ 2 0 とを同期して用いることにより、連続して、ウエハ 1 0 の表面の検査を行うことが可能となる。ステージが連続移動を行いながら、T D I 検出器も連続的に電子検出を行うことが可能となる。このような方式を用いると、ステップ&リピート方式に比べ、停止／移動のロスタイムや移動速度が一定になるまでのロスタイムを省けるために、効率的に欠陥検査を行うことが可能となる。

【 0 0 2 7 】

第 3 の実施例のように、紫外線（又は、紫外線レーザー）照射機構と電子線照射機構との両方を備えている場合、対象となるウエハの材質や構造の違いにより、いずれの照射機構を用いるかを選択して使い分ける。例えば、半導体ウエハの製造に関連して用いる場合であって、表面近くにあるゲート酸化膜等の絶縁破壊が問題となる構造がある場合には、紫外線（レーザー）照射による方式を用いて検査を行う。反対に、配線材料埋め込み後に平坦化されたウエハの評価では、ゲート酸化膜などの位置が表面からある程度離れた距離にあり、そのためにダメージが問題とならないときは、電子線照射により、強いコントラストの電子像を取得して、ウエハの検査を行う。このとき、ウエハへの入射エネルギーとしては、2 ～ 3 k e V で行うことが好適である。

【 0 0 2 8 】

半導体ウエハ以外の場合、例えば、試料として、生態試料や高分子材料などの検査、観察等を行う場合に、電子線照射によっては、帯電が強すぎて試料が破壊されるなどが問題が生じる恐れがあるときには、紫外線（レーザー）照射機構を用いる。

紫外線と電子線の両方を照射して用いることも可能である。これは、試料表面からの電子量をより多く取得したい場合や、金属と絶縁材料の混在するパターンの試料を対象とした場合等において、相互の電位差を最小限にして、像歪みを抑制するためである。

このとき、試料表面に抵抗膜をコーティングして用いることも可能である。高強度の電子線や紫外線（レーザー）を照射する場合など、試料表面に抵抗膜をコーティングして用いると、効果的に帯電を抑制できるため、歪みの少ない高品質の電子画像を得ることが可能となる。

第3の実施例においても、紫外線または紫外線レーザーの代わりに、X線やX線レーザーも同様に用いることができる。

【0029】

図5は、本発明に係る表面検査装置の第4の実施例を示しており、この実施例は、紫外線照射と電子線照射の両方の構成を備えた例である。紫外線発生源30としてエキシマランプが用いられ、該ランプからの紫外線が適宜の光学系（光学レンズ及び光ファイバ）を介して、試料10の表面に照射される。試料から放出された電子は、写像投影型レンズ系70を介して検出器に導かれる。

一方、電子銃からなる電子線発生源31から放出された電子線は、正方形開口で整形され、2段のレンズ33、34で縮小された後、E×B偏向器45の偏向中心面に1.25mm角に結像される。E×B偏向器45で偏向された電子線は、レンズ8、9（レンズ系41）によって1/5に縮小され、試料10上に照射される。

【0030】

試料10から放出されたパターン画像の情報を持った放出電子（光電子、二次電子を含んでいる）は、4つ静電レンズ9、8、12、13（レンズ系41及び42に対応）で拡大され、検出器50において検出される。これらの拡大レンズ系は、レンズ9及び8が対称タブレットレンズを形成し、レンズ12及び13もやはり対称タブレットを形成しており、これにより、無歪レンズとなっている。ただし、レンズの電極等が汚れてくると多少歪みが発生するので、定期的に標準パターンの試料を用いて歪みを測定し、該歪みを補正するためのパラメータを算

出しておくことが好ましい。

一方、試料10として、酸化膜や窒化膜が選択的に形成されているウエハを採用した場合は、光学系の歪みが補正されるだけでは不十分であるので、画像データを取得したら、パターン・エッジから代表的な点を選んで画像データと比較することによって、歪み補正を行い、その後、ダイ・バイ・ダイすなわちダイ毎の比較、あるいは画像データ同士の比較等により、欠陥を検出する。

図5中、符号15は制御電極であり、該制御電極15に印加する電圧を適切に選択することにより、試料表面での電界強度を制御し、これにより、試料表面からの放出電子（二次電子等）の収差を低減することができる

【0031】

図6は、本発明に係る表面検査装置の第5の実施例を示している。この実施例は、レーザー走査による画像検出方式を採用した例である。紫外線発生源30として、 $Ti:Al_2O_3$ レーザーの2倍波（350～600nm）または3倍波（233～400nm）を発生する発生源を用い、発生されたレーザー光が光学レンズ系35を介して真空チャンバ（不図示）に導入され、このとき、ポリゴンミラー等のミラー36により、レーザー光が2次元的にスキャンされる。 $TiAl_2O_3$ レーザーの2倍波または3倍波を用いることにより、233～600nmの範囲で波長を任意に選択できる。従って、試料の材料や構造に応じて、光電子取得効率のよい波長を選んで照射することが可能となる。紫外線レーザーが照射された部分から光電子が発生し、第1の検出器50により該光電子が検出されて、電気信号又は光信号が生成される。

【0032】

このとき、以下の2種類の方式により、試料10からの放出電子画像を得ることができる。

1) レーザー・スキャンと写像光学系による方式

レーザー光のスキャンにより試料10の表面から放出された光電子は、写像光学系を介して、検出器50に結像される。このとき、写像光学系により、二次元的に放出された位置座標が維持されたまま50～500倍に拡大されて、検出器50に結像される。検出器50の例として、MCP/FOP/TDI構成、MC

P／蛍光板／リレー・レンズ／TDI構成、EB-TDI構成等を用いることが可能である。また、TDIの代わりにCCDを用いることもできる。TDIを用いた場合は、試料10をステージ20により連続移動させながら、電子画像を得ることが可能である。また、CCDを用いた場合は、静止画像取得となるので、ステップ&リピート式の電子画像取得となる。

このようにして取得した画像において、ダイ毎あるいは画像データ同士の比較により、欠陥を検出する。

【0033】

2) レーザー・スキャンと第2の検出器による方式

第2の検出器51は、試料10から放出された二次電子を検出するためのシンチレータ又はホトマル等からなる電子電出器であり、該第2の検出器51には、光電子を吸引するための電極52が備えられている。この電極52により、レーザー光のスキャンと電子信号との同期をとることができ、第2の検出器51からの信号を処理して、電子画像として得ることが可能である。第2の検出器51によって取得され、画像形成／信号処理装置60により、ダイ毎あるいは画像データ同士の比較により、試料10の欠陥を検出する。

【0034】

図7は、本発明に係る半導体デバイス製造システム（装置系）の実施例を示している。半導体ウエハの表面状態が乾燥状態にて表面処理装置に導入し、取り出すときにも、乾燥状態にて取り出せるように、ウエハの搬送機構100、抵抗膜コート機構200、表面検査機構300、表面平坦化機構400、及び、乾燥機構500を備えている。また、ウエハの洗浄機構600も備えている。これらの機構は、例えば図示のように、統合化又は近接配置されている。なお、これら機構の内、ウエハ表面の検査機構300は上記した本発明に係る表面検査装置を用い、また、該検査機構300と少なくとも平坦化機構400とが近接配置されていることが好ましい。このような半導体デバイス製造システムを用いると、平坦化処理によって発生する欠陥などを即時に評価できるため、プロセス工程管理を効率よく行うことができる。

【0035】

この半導体デバイス製造システムを用いたときの、半導体製造処理プロセスの一例をあげると、1) 前処理工程、2) ウエハ搬送工程、3) ウエハロード工程、4) ウエハ洗浄工程、5) 平坦化加工工程、6) 洗浄工程、7) 乾燥工程、8) 抵抗膜コーティング及び膜厚制御工程、9) 検査工程、10) 洗浄工程、11) 乾燥工程、12) ウエハ・アンロード工程、13) ウエハ搬送工程、14) 後処理工程、によって実行される。このとき、複数のウエハに対してそれぞれ処理を同時に行うことができる。例えば、1枚のウエハが平坦化加工されているときに、他のウエハを抵抗膜コーティングして検査を行うことが可能である。このような同時処理により、ウエハの製造プロセス時間の短縮を行うことが可能となる。

【0036】

なお、従来例のシステムのように、平坦化処理機構、抵抗膜コート機構、検査（評価）機構が独立して存在する場合、搬送時間、装置インターフェース設置等の時間が機構の数だけ増えてしまう。その例を示すと、1) 前処理工程、2) ウエハ搬送工程、3) ウエハロード工程、4) ウエハ洗浄工程、5) 平坦化加工工程、6) 洗浄工程、7) 乾燥工程、8) ウエハアンロード工程、9) ウエハ搬送工程、10) ウエハロード工程、11) 抵抗膜コート及び膜厚制御工程、12) ウエハアンロード工程、13) ウエハ搬送工程、14) ウエハロード工程、15) 検査工程、16) ウエハアンロード工程、17) ウエハ搬送工程、18) ウエハロード工程、19) 洗浄工程、20) 乾燥工程、21) ウエハアンロード工程、22) ウエハ搬送工程、23) 後処理工程、となる。

【0037】

上記から明らかなように、それぞれの機構が独立して存在する場合に比べて、図7に示したように半導体デバイス製造システムを構成配置することにより、例えば、ウエハ搬送工程を1/3に短縮でき、これにより、製造時間を10～20%程度短縮することができる。又、設備コストと設置面積を低減することができる。

当然ながら、抵抗膜コートが不要な場合、その工程を省くことができる。

また、図7に示した半導体デバイス製造システムに、補修機構、パターン形成

機構、現像機構、樹脂膜コート機構等を付加することも可能である。これにより、平坦化处理やパターン形成、パターン形成用マスクの欠陥検査やそれらの補修を行うことが可能となる。

【 0 0 3 8 】

以下、本発明に係る半導体デバイスの製造方法の実施形態の一例を説明する。

図 8 は、本発明の半導体デバイスの製造方法の一例を示すフロチャートである。この例の製造プロセスは、以下の各主工程を含む。

- ①ウエハを製造するウエハ製造工程（又は、ウエハを準備するウエハ準備工程）
S 1
- ②露光に使用するマスクを製作するマスク製造工程（又は、マスクを準備するマスク準備工程） S 2
- ③ウエハに必要な加工処理を行うウエハ・プロセッシング工程 S 3
- ④ウエハ上に形成されたチップを 1 個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程 S 4
- ⑤できたチップを検査するチップ検査工程 S 5

【 0 0 3 9 】

それぞれの主工程 S 1 ～ S 5 は、いくつかのサブ工程からなっている。これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程がウエハ・プロセッシング工程 S 3 である。この工程 S 3 では、設計された回路パターンをウエハ上に順次積層し、メモリや M P U として動作するチップを多数形成する。このウエハ・プロセッシング工程は、以下のサブ工程を含む。

- ①絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、あるいは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程（C V D やスパッタリング等を用いる）
- ②この薄膜層やウエハ基板を酸化する酸化工程
- ③薄膜層やウエハ基板等を選択的に加工するためのマスク（レチクル）を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィ工程
- ④レジスト・パターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程（例えばドライエッチング技術を用いる）
- ⑤イオン・不純物注入拡散工程

⑥レジスト剥離工程

⑦さらに加工されたウエハを検査する検査工程

ウエハ・プロセッシング工程中のサブ工程は、必要な層数だけ繰り返し行われ、設計通りに動作する半導体デバイスを製造する。

【0040】

図9は、図8のウエハ・プロセッシング工程の中核をなすリソグラフィ工程を示すフロチャートである。このリソグラフィ工程は、以下の工程を含む。

①前段の工程で回路パターンが形成されたウエハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程S21

②レジストを露光する露光工程S22

③露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程S23

④現像されたレジストパターンを安定化させるためのアニール工程S24

【0041】

上記チップ検査工程S7及びウエハ・プロセッシング工程S3中の検査工程に本発明に係る表面検査装置及び方法を用いると、微細なパターンを有する半導体デバイスであっても、高スループットで検査を行うことができるので、全数検査が可能となり、製品の歩留向上、欠陥製品の出荷防止が可能となる。

【0042】

【発明の効果】

本発明においては、帯電による画像の歪みやダメージが無く、または最小限に抑制した状態で、試料表面の画像を得ることができるので、高品質の画像を得ることができ、よって欠陥等の評価を正しく行うことができる。また、写像光学系を用いると広い測定領域を得ることが可能となり、高速で精度の良い欠陥検出が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

ビームエネルギーと二次電子放出効率との関係を示すグラフである。

【図2】

本発明に係る表面検査装置の第1の実施例を示す説明図である。

【図 3】

本発明に係る表面検査装置の第 2 の実施例を示す説明図である。

【図 4】

本発明に係る表面検査装置の第 3 の実施例を示す説明図である。

【図 5】

本発明に係る表面検査装置の第 4 の実施例を示す説明図である。

【図 6】

本発明に係る表面検査装置の第 5 の実施例を示す説明図である。

【図 7】

本発明に係る半導体デバイス製造システムの一実施例を示す説明図である。

【図 8】

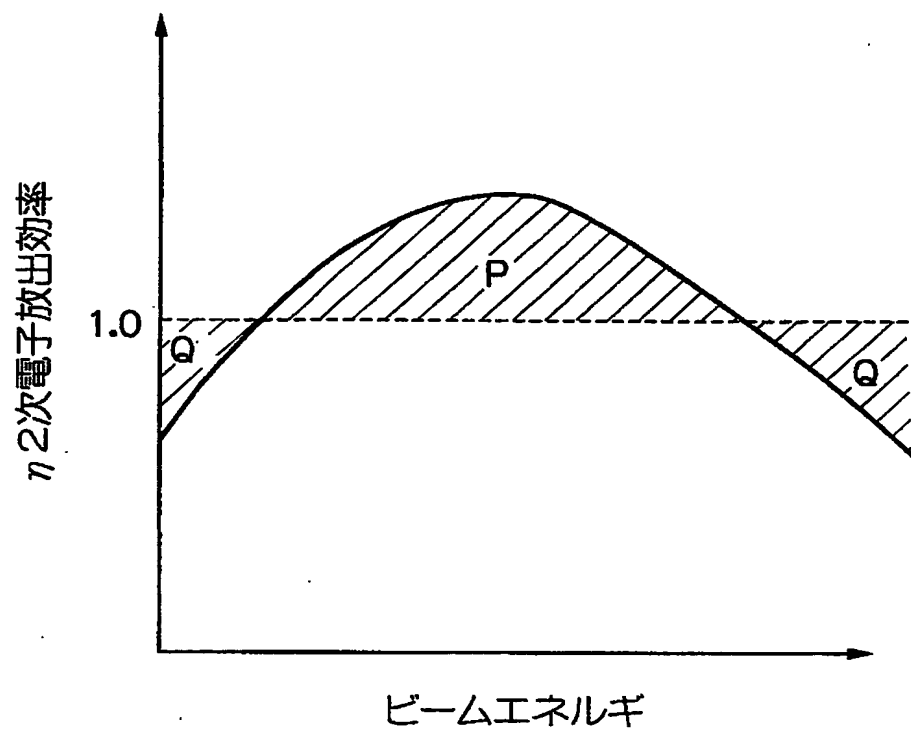
本発明に係る半導体デバイス製造方法の一実施例を示すフローチャートである。

【図 9】

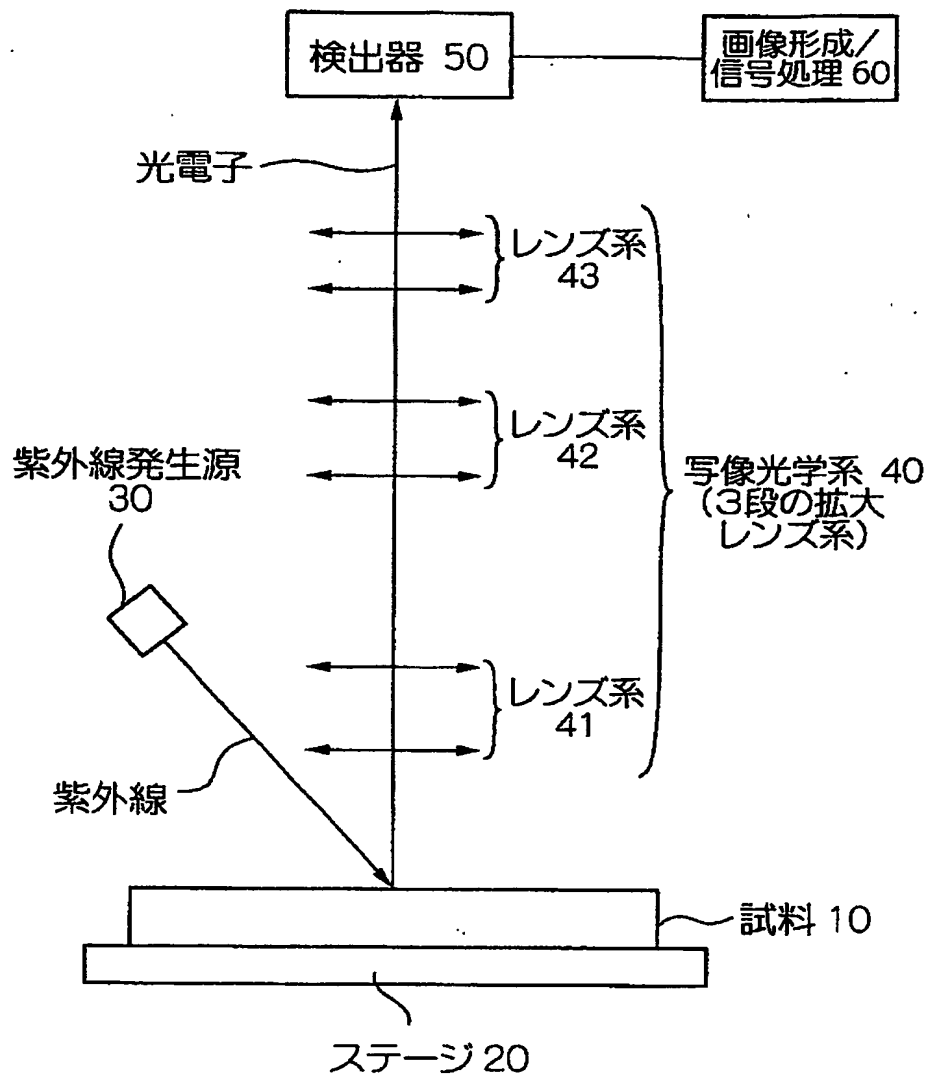
図 8 に示したリソグラフィ工程をより詳細に説明するフローチャートである。

【書類名】 図面

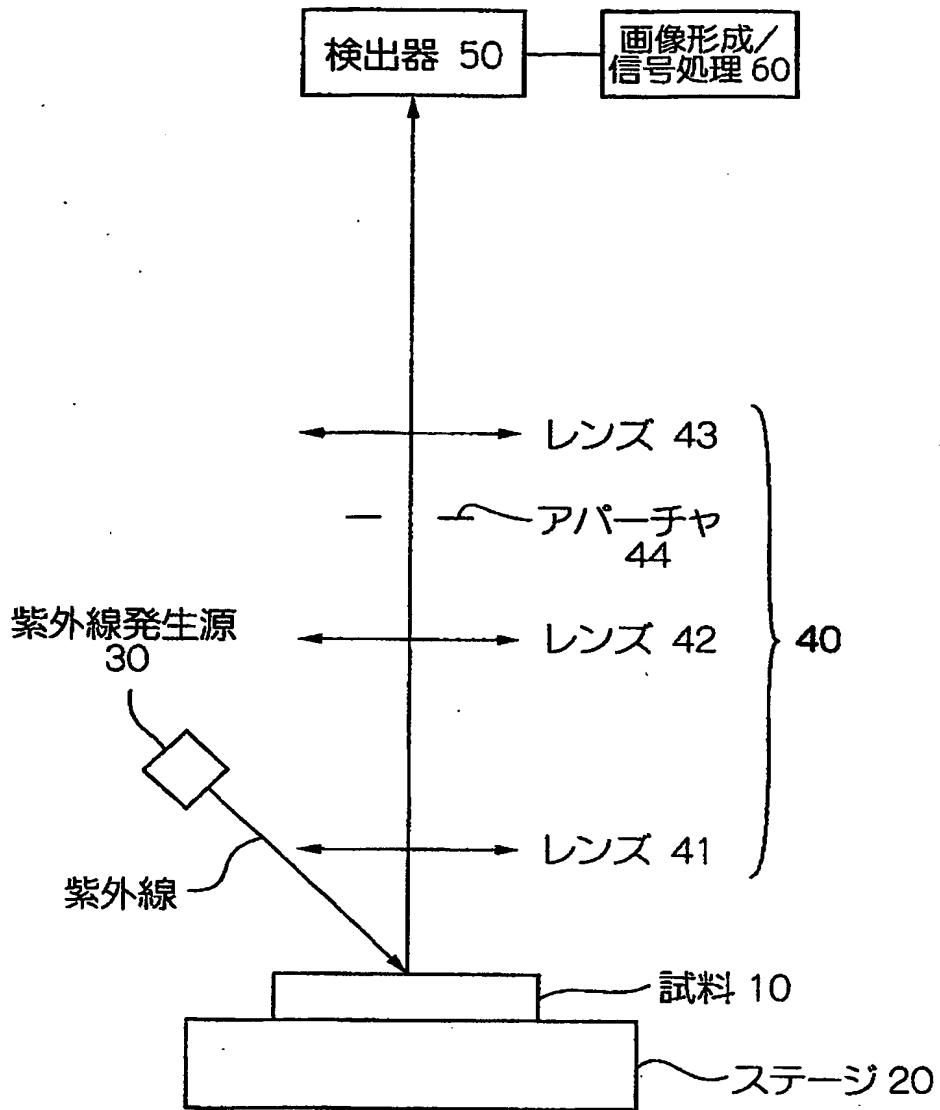
【図 1】



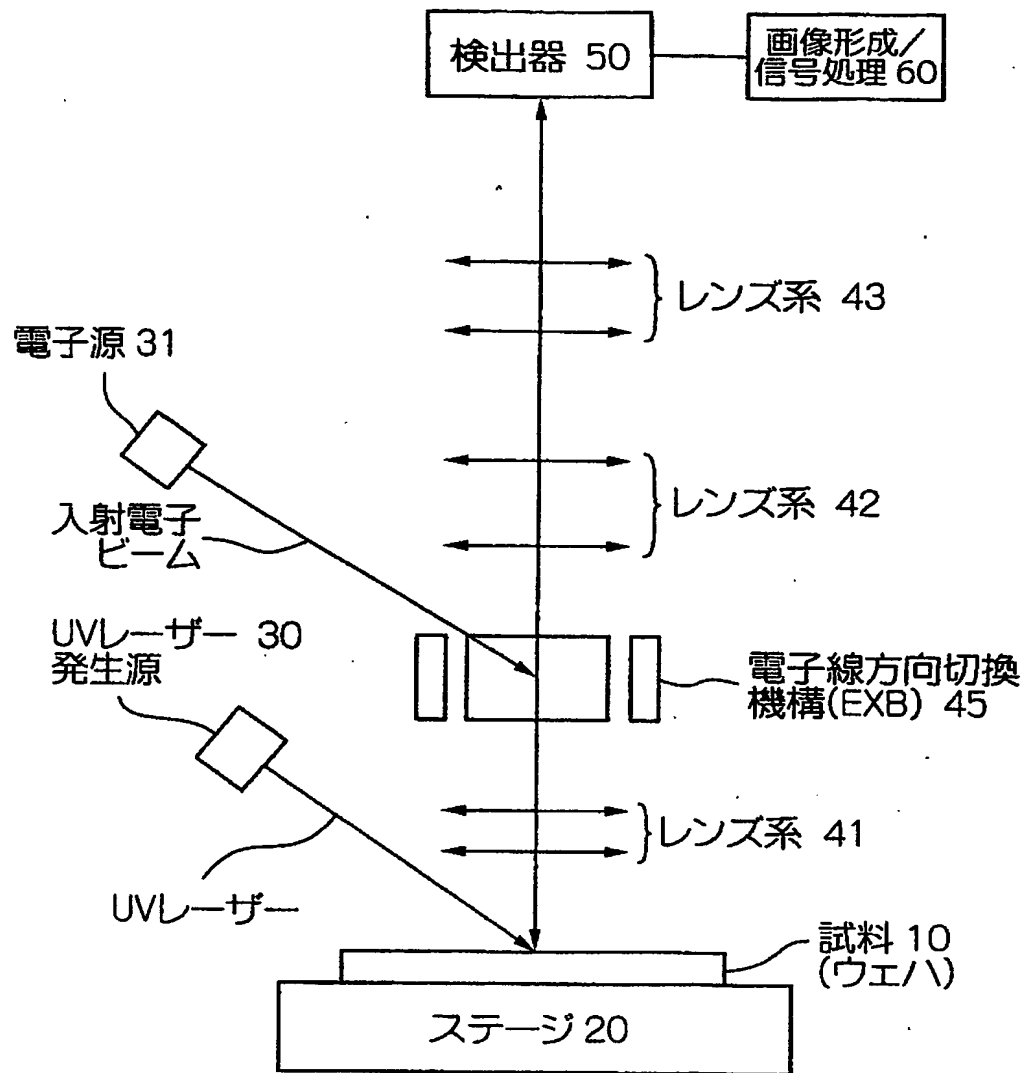
【図 2】



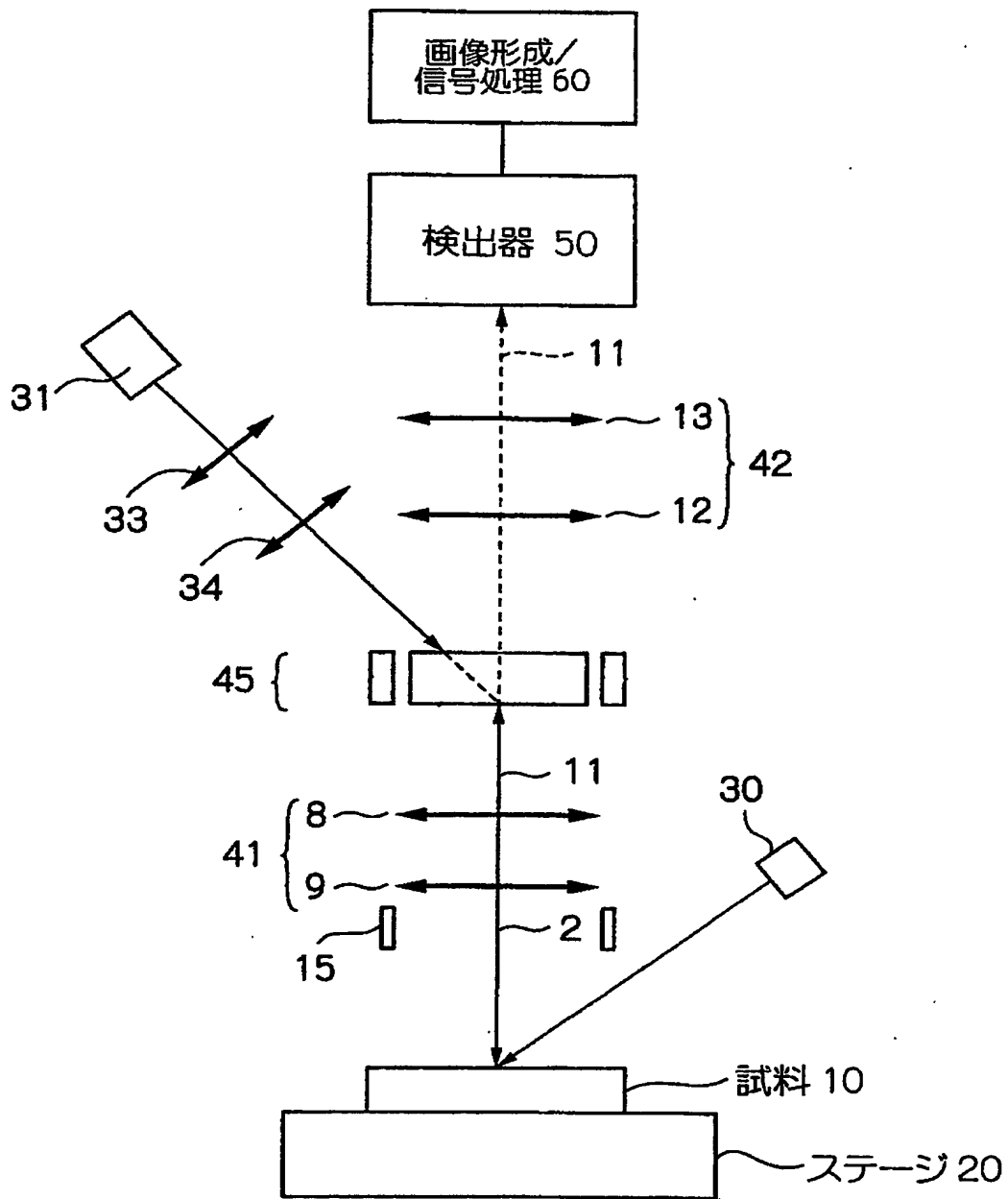
【図 3】



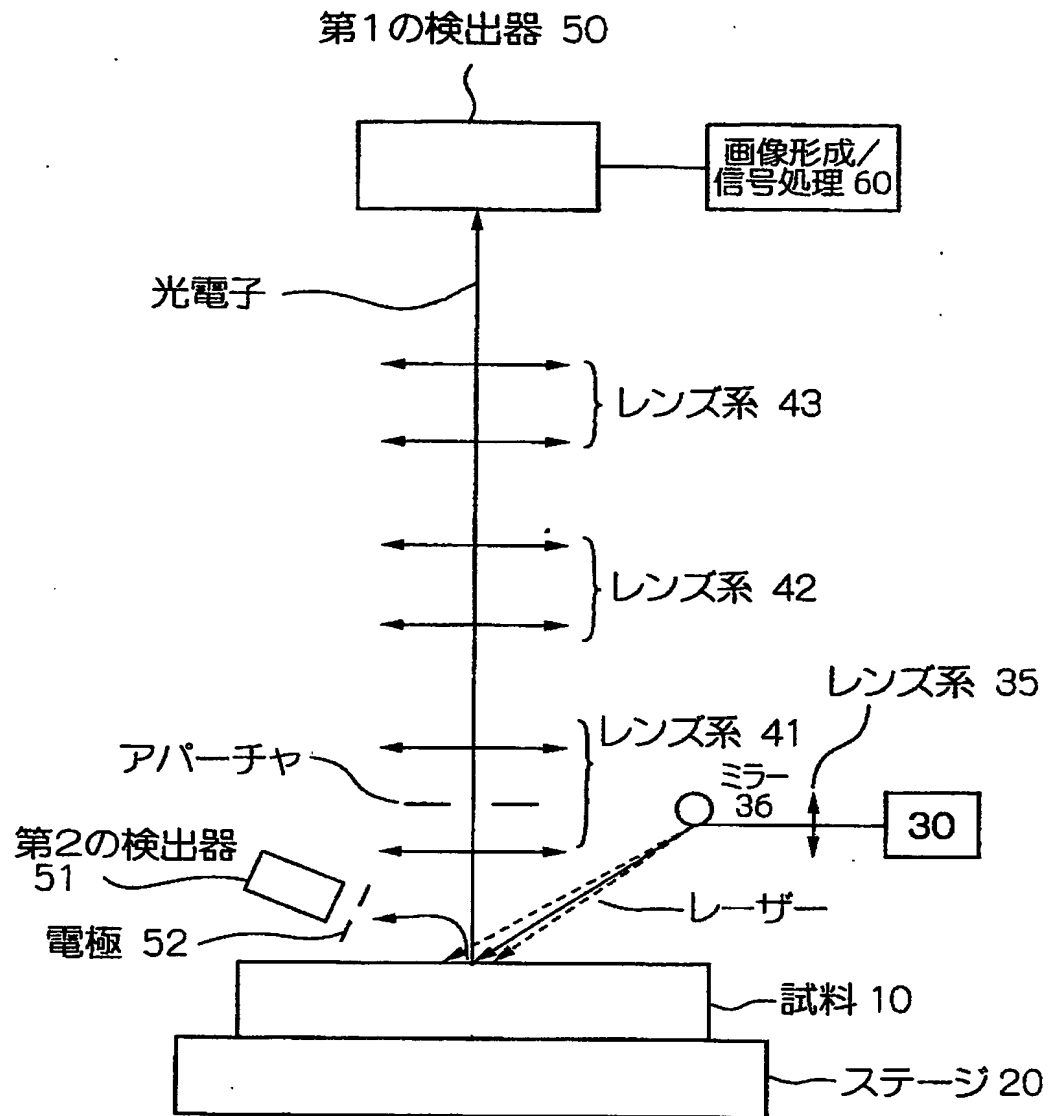
【図4】



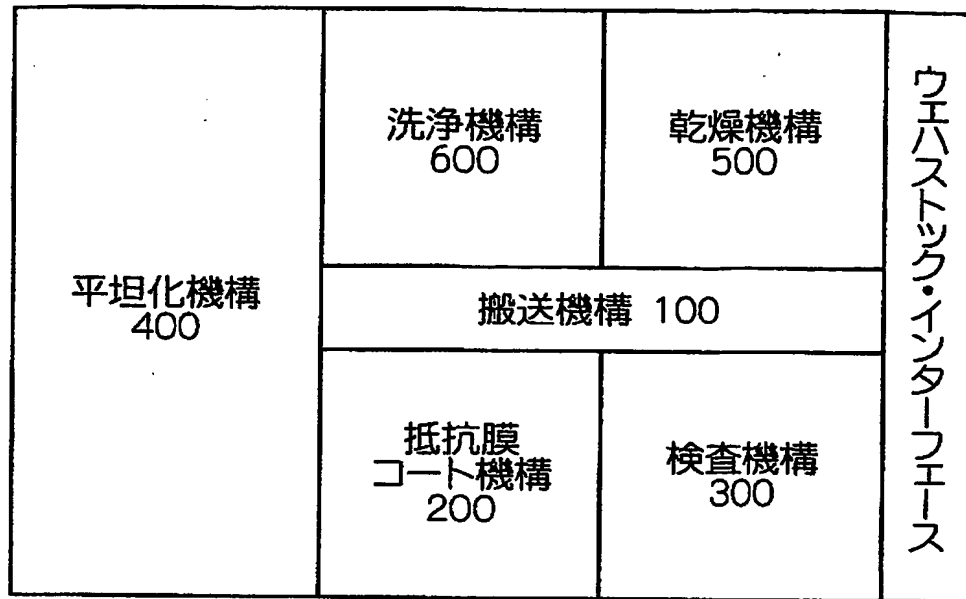
【図 5】



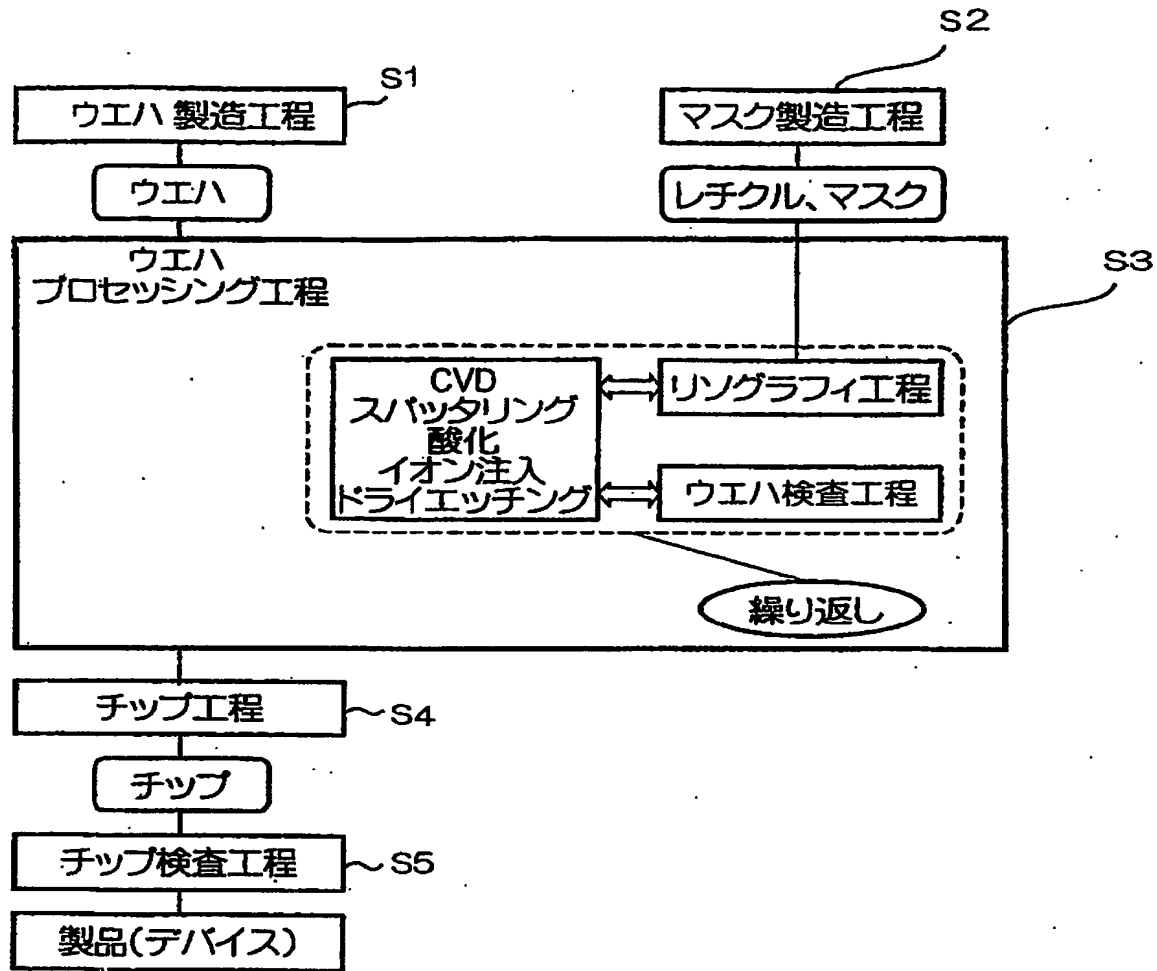
【図6】



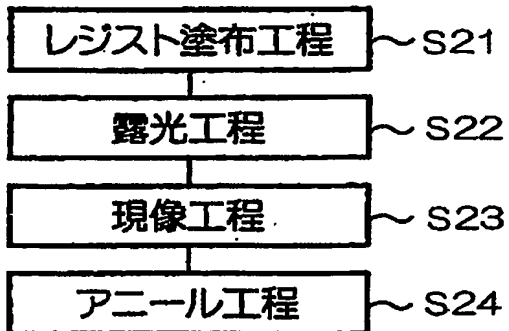
【図 7】



【図8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 試料にダメージを与えることなく、試料表面の電子画像を低歪みで得る。

【解決手段】 紫外線発生源 3 0 から発生された紫外線がウエハ等の試料 1 0 に照射され、試料表面から電子が放出され、該電子が写像光学系 4 0 を介して検出器 5 0 で検出され、画像形成／信号処理装置 6 0 において画像形成され、かつ、評価のための信号処理が行われる。紫外線発生源の代わりに X 線発生源を用いてもよい。紫外線等の電磁波の照射によって試料から電子を放出させるので、試料のダメージが少ない。電磁波の照射手段に加えて、電子線照射手段を併用し、試料の特性に応じて、いずれか一方又は両方の照射手段を用いてもよい。

【選択図】 図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区羽田旭町11番1号
氏 名	株式会社荏原製作所